

NACIONES UNIDAS

CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL



LIMITADO  
E/CEPAL/L.124  
23 de septiembre de 1975.  
ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLÉS

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA

ALGUNAS IDEAS BASICAS SOBRE LA ECONOMIA DE LA  
ELECTRIFICACION RURAL

Nota: Documento preparado por la División de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Comisión Económica para América Latina para la VI Conferencia Latinoamericana de Electrificación Rural, 28 septiembre - 4 octubre, 1975, Caracas, Venezuela.

75-9-1767



ALGUNAS IDEAS BASICAS SOBRE LA ECONOMIA DE LA  
ELECTRIFICACION RURAL

INDICE

	Página
INTRODUCCION.	
1. La escasez económica y la necesidad de establecer prioridades	2
2. La necesidad de un análisis objetivo de los proyectos	5
3. Complejidad del problema de electrificación rural	9
4. Necesidades generales: estrategia, tácticas básicas y criterios de decisión	14
5. Ordenación del conjunto de centros de demanda	16
6. Los centros de demanda principales y sus satélites	17
7. Centros de demanda aislados	19
8. Comparación y selección de proyectos	21
9. Algunas consideraciones básicas sobre beneficios y costos	22
a) La economía de la energía rural	24
b) Beneficios directos y relacionados con el excedente de los consumidores, atribuibles al combustible	26
c) El crecimiento inducido y las economías externas	32
d) Costo de los proyectos	33
10. Conclusiones	37
Gráfico I y II	39
Gráfico III	40
Gráfico IV	41
Gráfico V	42



NACIONES UNIDAS

CONSEJO  
ECONOMICO  
Y SOCIAL



LIMITADO  
E/CEPAL/L 124/Corr.1  
23 de septiembre de 1975  
ESPAÑOL  
ORIGINAL: INGLÉS

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA

ALGUNAS IDEAS BASICAS SOBRE LA ECONOMIA DE LA  
ELECTRIFICACION RURAL

Corrigenda

<u>Página N°</u>	<u>Línea</u>	<u>Dice</u>	<u>Debe decir</u>
7 nota 6	3	....(es decir B/C).	....(es decir B-C).
" " "	6	....el factor (B/C)...	....el factor (B-C)....



## ALGUNAS IDEAS BASICAS SOBRE LA ECONOMIA DE LA ELECTRIFICACION RURAL

### INTRODUCCION

En este informe se exponen brevemente cuatro ideas fundamentales que deben tener en cuenta las autoridades públicas en la evaluación de los proyectos de electrificación rural que lleven a la práctica.

Es preciso hacer algunas aclaraciones respecto a este objetivo. En este trabajo no se hace un examen detenido de los aspectos económicos, financieros, administrativos, comerciales o institucionales de los proyectos de electrificación rural. Sus propósitos son más modestos, procura analizar cuatro ideas básicas e importantes en relación a la estrategia para abordar el tema de la electrificación rural desde un punto de vista económico. Estas ideas son:

- 1) La necesidad de que los proyectos de electrificación rural del sector público sean considerados sólo como un elemento en un conjunto de proyectos de inversiones del sector público dentro de la economía nacional, todos los cuales compiten por recursos escasos.
- 2) La consiguiente necesidad de disponer de una técnica de evaluación de proyectos que tenga en cuenta la escasez económica no sólo en la industria eléctrica de carácter público sino también entre ésta y otras industrias del sector público.
- 3) La necesidad de utilizar una estrategia general, algunas pautas tácticas básicas y un criterio claro en materia de decisiones cuando se aborda el complejo tema de la electrificación rural a fin de decidir la aceptación o el rechazo de los posibles proyectos.
- 4) La necesidad de abordar cada proyecto de electrificación rural como si fuera único desde el punto de vista de sus beneficios y costos económicos y por lo tanto de su grado de viabilidad económica.

Estas cuatro ideas pueden examinarse dentro del marco funcional del análisis de costos-beneficios y éste es el criterio aplicado en la exposición que se hace en este trabajo. Pero no por eso ha de suponerse que en este

trabajo se hace una exposición detenida del análisis de costos-beneficios de los proyectos de electrificación rural, pues no es así.

Quizá algunos lectores estimen que estos cuatro temas son demasiado elementales como para que valga la pena examinarlos. Seguramente será el caso para muchos de ellos, pero también serán éstos los primeros en reconocer que con frecuencia hay pérdidas económicas de gran magnitud atribuibles a errores conceptuales elementales, y que esto puede haber ocurrido con varios proyectos de electrificación rural.

1. La escasez económica y la necesidad de establecer prioridades

Cerca de la mitad de la población de América Latina vive en zonas rurales y aproximadamente una quinta parte de ella tiene acceso a las fuentes de abastecimiento de energía eléctrica. Las informaciones que figuran en el Quadro 1 permiten formarse una idea aproximada del grado de electrificación rural que habían alcanzado varios países latinoamericanos a fines del decenio pasado y comienzos del actual. Dentro del panorama internacional América Latina es más urbanizada y su población rural dispone de servicios eléctricos en mayor proporción que la de muchos países de Asia, Africa, el Medio Oriente o el Cercano Oriente.<sup>1/</sup>

Si bien los porcentajes subrayan el carácter físicamente más avanzado de la electrificación en las zonas rurales de América Latina también destacan el hecho de que alrededor de 100 millones de habitantes rurales en esta región carecen hoy día de energía eléctrica. Si se considera que la inversión necesaria para dotar de servicio de electricidad a esta población fluctúa entre 40 y 80 dólares por habitante, en promedio, se necesitarían entre 4 y 8 mil millones de dólares adicionales para suministrar electricidad a toda la población rural. Considerando la escasez de recursos financieros, la magnitud de este requerimiento debería hacer recapacitar a quienes

---

<sup>1/</sup> De acuerdo con algunas estimaciones las trescuartas partes de la población del Asia y las tres quintas partes de la población de diferentes países del Medio y Cercano Oriente vivían en áreas rurales en 1971 y, en cada caso, aproximadamente el 15% de ellas tenía acceso a los servicios eléctricos. Las correspondientes cifras para el Africa eran 90% y 5%, respectivamente.



Quadro 1

AMERICA LATINA: VIVIENDAS TOTALES Y RURALES DOTADAS DE ENERGIA  
ELECTRICA O CAPENTES DE ELLA, DIVERSOS AÑOS Y  
PAISES

País	Año del Censo	Número de viviendas		Viviendas con electricidad	
		Total	Rural	Total	Rural
Barbados	1970	59 391	33 046	35 104	16 693
Brasil	1970	17 628 699	7 352 359	8 383 994	615 273
Colombia	1970	3 260 000	1 528 700	1 216 623	264 465
Chile	1970	1 715 248	393 756	1 289 198	110 351
El Salvador	1971	655 120	384 540	223 400	25 800
México	1970	8 286 369	3 422 209	4 876 745	949 792
Nicaragua	1971	302 544	154 116	124 905	10 697
Panamá	1970	273 875	140 191	148 118	22 731
Paraguay	1972	428 111	255 984	74 772	3 065
Perú	1972	2 686 471	1 156 136	862 007	31 347
Venezuela	1971	1 827 140	266 639	1 402 819	46 291

Fuente: CEPAL sobre la base de los censos nacionales y otras informaciones oficiales.

abordarían la difícil tarea de la electrificación rural pensando (a menudo implícitamente) que el suministro de electricidad a la población rural es un imperativo social impostergable.

Pero la consideración de otros factores aconsejaría proceder aún con más cautela a este respecto. La falta de energía eléctrica en las zonas rurales de América Latina es sólo uno de un conjunto de elementos sociales que caracterizan la vida rural en esta región.

No es necesario insistir en que los habitantes de las zonas rurales, además de tener acceso limitado a la energía eléctrica tienen, en comparación con los habitantes urbanos, escaso acceso a los servicios básicos de salud, educacionales, de agua potable y de eliminación de aguas servidas y asimismo de vivienda. Si la meta de suministrar energía eléctrica a las zonas rurales ha de perseguirse en sí misma como imperativo social impostergable, surge la duda de ¿por qué no adoptar la misma posición con respecto a los demás servicios? Dicho de otro modo, ¿por qué es más importante suministrar servicio eléctrico que otros servicios básicos a los habitantes de las zonas rurales?

Si se sostiene que estos otros servicios tienen como la electricidad, el carácter de imperativo social impostergable, y que por lo tanto deben hacerse llegar también de inmediato a la población rural, las repercusiones son obvias: las inversiones necesarias para llevar estos otros servicios a las zonas rurales harían aparecer muy pequeña la inversión inicial de 4 a 8 mil millones de dólares estimados para la electrificación.

Dentro del marco de las economías concretas (es decir de sus componentes rurales y urbanos) la escala de las necesidades de capital que suponen estos imperativos sociales inmediatos sería incompatible con los recursos disponibles.

Fácilmente se advierte que es económicamente imposible suministrar todos estos diversos servicios a las poblaciones rural (o urbana). Es fácil concebir que en el futuro llegará un momento en que habrá electricidad disponible para todos los consumidores rurales. Pero entre tanto, existe la

necesidad inmediata y permanente de elegir entre proyectos del sector público que compiten entre sí, por la dura realidad de la escasez económica.

¿Como puede abordarse este problema de elección ? ¿ Quién puede sostener definitivamente, sobre bases intuitivas, que es preferible efectuar inversiones en electrificación rural que en servicios médicos o de educación rural o urbanos, o en ambos; o en el mejoramiento de las instalaciones de agua potable y alcantarillado o los servicios de transporte colectivo; o en el desarrollo de las redes existentes de electrificación rural o urbana o de ambas; y etc.? Salta a la vista que nadie tiene estos conocimientos y que sería peligroso asignar responsabilidades de esta índole a cualquier persona o grupo de personas que eligieren sobre la base de razonamientos cualitativos y subjetivos.

## 2. La necesidad de un análisis objetivo de los proyectos

Evidentemente se necesita un mecanismo de análisis que pueda emplearse para evaluar la conveniencia relativa de los proyectos de electrificación rural y de otros proyectos del sector público en forma objetiva y cuantitativa.

Pese a sus deficiencias teóricas y a las evidentes dificultades que plantea su utilización en la práctica, el análisis de costos-beneficios es el único mecanismo racional de análisis disponible para abordar en forma sistemática este problema de elección.

Se lo usa con la finalidad de ordenar los diversos proyectos en un orden de prelación según sus propios méritos económicos, medidos por sus relaciones de beneficio-costo. (B/C). <sup>2/</sup>

---

<sup>2/</sup> Esto no quiere decir que en algunos casos no se pueda abandonar la relación (B/C) para examinar la realidad particular de un problema concreto de inversión. Pero al apartarse del método general de la relación ( B/C ) hay que basarse en razones muy claras y convincentes.

La relación (  $B/C$  ) es el cociente entre el valor actualizado (denominado también: valor presente) de los beneficios económicos y el valor actualizado (valor presente) de los costos económicos de determinado proyecto, descontados ambos aplicando el costo estimado de oportunidad social del capital.<sup>3/ 4/</sup>

Desde el punto de vista económico los proyectos se consideran aceptables si sus relaciones (  $B/C$  ) son iguales o mayores que 1. Dentro del conjunto de proyectos justificables desde el punto de vista económico así identificados, los que tienen relaciones (  $B/C$  ) más elevadas tienen un valor económico superior a aquellos con relaciones (  $B/C$  ) inferiores.

Para un mismo costo de oportunidad social del capital el método de beneficio/costo arroja el mismo resultado en el orden de prelación en un

---

3/ Pueden aplicarse bases más complejas para estimar la relación (  $B/C$  ). Por ejemplo si los precios del mercado no reflejan la escasez real (es decir, el costo de oportunidad) de los recursos que absorbe el proyecto, esos precios deben ajustarse para tener en cuenta esta circunstancia, antes de usarlos en los cálculos de beneficio/costo y para ello se aplican los precios de cuenta. Además las corrientes de beneficios pueden desagregarse, ponderarse y sumarse para tener en cuenta el valor de estas corrientes cuando se las considera en función del valor marginal de estas diversas corrientes de beneficios componentes en relación con sus beneficiarios respectivos o en función de determinadas metas de distribución del ingreso nacional. Asimismo pueden utilizarse estimaciones subjetivas de la probabilidad de que realmente se produzcan determinados beneficios y costos para generar la distribución (en lugar de una estimación puntual "más probable ") de la rentabilidad económica interna o de la relación beneficio/costo prevista o de ambas, para un determinado proyecto. Por último la estructura general de los trabajos de beneficio/costo puede no abordarse desde el punto de vista de la maximización económica de un proyecto, sino de un sistema de proyectos. Cuando se aplica este criterio lo que se pretende es lograr el máximo económico con el transcurso del tiempo sobre una base económica, teniendo en cuenta explícitamente la modalidad temporal de la disponibilidad de capital.

4/ Dicho en forma muy general el costo de oportunidad social del capital se refiere al tipo de interés que deben reportar los proyectos de inversión para que la sociedad esté dispuesta a restar recursos al consumo y transferirlos a los recursos de inversión a fin de aumentar los niveles de consumo en el futuro. Véase un análisis detenido de este concepto en E.J. Mishan, Cost Benefit Analysis, George Allen & Unwin Ltd. 1971, capítulos 29 - 31.

conjunto de proyectos que el que se obtendría si se aplicara la rentabilidad económica interna (REI).<sup>5/</sup> La rentabilidad económica interna es la tasa de interés que reduce a cero la suma algebraica de los beneficios y costos descontados del proyecto. Cuando se aplica este criterio los proyectos son viables económicamente si su rentabilidad económica interna es igual o superior al costo de oportunidad social del capital, que se haya estimado; según este criterio, los proyectos que tienen una rentabilidad económica interna más elevada tienen más ventajas económicas que los proyectos cuya rentabilidad es inferior.

Cuando se utiliza el mismo costo de oportunidad social del factor capital, ya sea como mecanismo de descuento en el método de (B/C) o como instrumento de exclusión en el método de (REI), se obtiene el mismo orden de prelación económica.

Teniendo presente lo anterior, el análisis que sigue se hará utilizando el sistema de (B/C) por razones de simplicidad de presentación.<sup>6/</sup>

Sería engañoso suponer que en cualquier país el acervo de instalaciones públicas (o las que se hayan agregado recientemente) reflejan las reacciones históricas imparciales de los administradores públicos mediante

---

<sup>5/</sup> Evidentemente, si para fines del descuento, se aplican diferentes costos de oportunidad social de los factores de capital podrán obtenerse diferentes ordenaciones de prelación económica de los proyectos. A modo de comparación el orden de prelación de los proyectos obtenido cuando se utiliza el método de la rentabilidad interna es único por cuanto no supone aplicar el costo de oportunidad social estimado del factor de descuento de capital. En este caso el problema consiste en elegir el costo social adecuado del factor capital que se usará como mecanismo de eliminación.

<sup>6/</sup> No se recomienda que para aceptar o rechazar los proyectos de electrificación rural se utilice la diferencia absoluta entre el valor actual de los beneficios y los costos del proyecto (es decir B/C). Proceder en esta forma significaría que se considera que el capital no es un factor escaso de producción y éste lo es en toda América Latina y también en otros lugares del mundo. Pero el factor (B/C) puede ser útil para otros dos fines: 1) como criterio de decisión secundario cuando se elige entre dos proyectos que tienen idéntica relación B/C; y 2) como criterio para idear un sistema administrativo para resolver los problemas planteados cuando hay tantos proyectos pequeños que examinar y llevar a la práctica.

análisis objetivamente preparados de beneficio/costo; o, en este contexto, que el acervo de capital de electrificación rural (y urbano) refleja la aplicación de este mismo proceso en las instituciones públicas de energía eléctrica.

Asimismo, sería ingenuo suponer que la actual organización institucional permite que se elijan los proyectos de electrificación rural dentro de un marco en que puedan competir las inversiones de todo el país. Por ejemplo, muchos gobiernos abordan el problema de la electrificación rural, administrativamente sobre bases regionales, distribuyendo el capital entre las regiones para respaldar la selección y puesta en práctica de proyectos de electrificación rural en ellas. Cuando se aplica este método, los proyectos de electrificación rural de una región compiten entre sí hasta que el capital asignado a este fin se agota. Pero, los proyectos de una región no compiten con los de otra.

Para poder sostener este criterio de administración regional sobre bases racionales, las deficiencias económicas inherentes a él deben ser compensadas por otros beneficios sociales que por su propia naturaleza pueden no ser cuantificados enteramente.

Sin embargo, no porque se use un criterio regional para la identificación y selección de proyectos deja de ser necesario el análisis de beneficio/costo de los proyectos de electrificación rural dentro de la estructura regional. El problema simplemente se transforma de uno destinado a optimizar la rentabilidad económica de las inversiones en electrificación rural a nivel nacional, en otro para optimizar los de cada región.

En forma análoga suelen proceder los gobiernos centrales para distribuir el capital entre los organismos centralizados de electrificación rural a otras autoridades (como ferrocarriles, servicios de salud pública y educación, por ejemplo). Pero no por eso deja de ser necesario el análisis de beneficio/costo de los proyectos que buscan financiamiento en esos sectores de la inversión pública. Simplemente en este caso nuevamente el problema de asignación de capital en el plano nacional se ha transformado de uno de optimización a otro

de suboptimización de la rentabilidad del capital que se ha asignado en esta forma aproximada.

Pero es necesario aclarar un aspecto más general: racionalmente no puede demorarse la introducción del análisis de beneficio/costo en un sector (por ejemplo de los estudios de electrificación rural) sólo por que no se ha introducido en otros componentes de ese mismo sector (por ejemplo estudios de expansión de los sistemas eléctricos rurales o urbanos existentes, o de ambos), o en otros sectores que también procuran obtener fondos públicos (por ejemplo estudios de proyectos de transportes, etc.) o más generalmente en todo el sector público. Ni tampoco puede retardarse la aplicación del análisis de beneficio/costo simplemente porque la estructura de la distribución de los recursos que hace el gobierno central o la que existe entre sus autoridades funcionales no permite la optimización económica. Es preferible la suboptimización al desperdicio manifiesto.

### 3. Complejidad del problema de electrificación rural

El obstáculo básico para la electrificación de las zonas rurales consiste simplemente en que es necesario emplear una técnica costosa que hace uso intensivo del capital para suministrar un producto a un mercado pequeño. Desde el punto de vista financiero, este costo suele ser prohibitivo por cuanto el análisis financiero presta exclusivamente atención a las entradas y salidas de efectivo, vinculadas con un proyecto. Siendo así, la interrogante básica que se plantea al análisis económico consiste en saber si existe o no una estructura de beneficios y costos en determinado proyecto de electrificación rural que lo torne viable desde el punto de vista socioeconómico aunque pueda rechazárselo sobre la base de la evaluación financiera estricta.

La tesis de que el gobierno debe desempeñar un papel activo en la esfera de la electrificación rural ha sido sostenida, en parte, basándose en que en muchos casos la respuesta a esa interrogante es afirmativa y por lo tanto se necesita la intervención del gobierno (manifestada de una u otra manera) para asegurar la aparición de proyectos de electrificación rural.

justificables desde el punto de vista socioeconómico, pero que no tienen sólidas bases financieras. Sería imposible conciliar esta posición sin hacer una evaluación de beneficio/costo de los proyectos de electrificación rural.

Desde el comienzo debe hacerse hincapié en que son muy variados los centros de demanda que cumplen los requisitos para que se les asignen proyectos de electrificación rural. En muchos países existen miles de centros de demanda con tal opción. Medidos en función de la población, fluctúan desde los centros pequeños y remotos de menos de 100 habitantes a los pueblos relativamente más grandes que tienen 2 000 o más pobladores. Como las perspectivas de crecimiento económico y demográfico en esos centros son muy diversas, la variedad del factor de carga inicial y de la demanda de energía así como sus perspectivas de cambio con el transcurso del tiempo también son grandes. Por lo tanto varía mucho la velocidad con que puede reducirse el costo unitario de suministro de energía en estos centros de demanda, con el transcurso del tiempo.

Muchos de estos centros carecen de fuentes de energía. Otros las tienen, pero en forma relativamente limitada y a precios relativamente altos. Las diferencias básicas entre ambas clases de centros de demanda pueden ser importantes y así, por ejemplo, desde el punto de vista de la comercialización, la resistencia o apatía de los consumidores en cuanto a los cambios en la forma del servicio eléctrico puede ser mucho menor en regiones en las cuales ya se han demostrado claramente los beneficios de esta forma de energía. Los proyectos de electrificación rural en los centros de demanda que ya cuentan con energía (pero con ciertas limitaciones físicas y a precios altos) pueden ofrecer beneficios cuya composición y magnitud son muy diferentes a los que se ofrecerían a los centros que carecen de ella. Por ejemplo, es posible que una gran proporción de los beneficios derivados del aumento de producción en esos centros ya hayan sido aprovechados aunque la energía eléctrica se les suministre en condiciones relativamente desfavorables. En la medida en que esto ocurra, los beneficios que reporta el suministro de



energía más barata y en volúmenes superiores pueden emanar de la reducción del costo de suministro de la energía, lo cual hace disminuir las ventajas económicas que ofrece la conexión de este tipo de centro de demanda en comparación con las posibilidades de conexión de otro que todavía no dispone de energía.

Los centros de demanda difieren en cuanto a la distancia que los separa de las redes de transmisión y distribución existentes (y proyectadas) tanto dentro como fuera del país, y por lo tanto difieren en cuanto al costo del capital necesario para las instalaciones que permiten salvar esa distancia. Además los centros de demanda rural difieren apreciablemente no sólo en cuanto a las ventajas económicas que ofrecen por ejemplo bajo la forma de reducciones del costo de suministro de la energía para sus habitantes, sino también, de su aporte al crecimiento económico tanto en la zona inmediata como fuera de ella.

Estos diversos aspectos de los centros de demanda rural no son estáticos. Un cambio en las condiciones de oferta o en la demanda del mercado, o en ambas, pueden modificar la viabilidad económica de determinados centros de demanda. Si aumenta el costo del equipo de distribución de la energía eléctrica, la electrificación de un centro de demanda puede tornarse antieconómica. Asimismo, si sube el costo del petróleo diesel puede aumentar el interés por dejar de utilizar las unidades diesel pequeñas en algunos centros de demanda y conectarlos a las redes existentes o proyectadas. El aumento del costo de las unidades hidráulicas pequeñas puede tornar antieconómica la electrificación de centros de demanda remotos y pequeños. Cuando se modifiquen los planes regionales será necesario reexaminar los esquemas de electrificación rural para los centros de demanda respectivos. Los cambios estructurales, como las innovaciones que permitirán utilizar el capital en condiciones básicamente distintas en el futuro pueden modificar las perspectivas de mecanización en los centros de demanda rural y por lo tanto, las ventajas económicas de suministrarles energía.

En suma, no sólo muchos centros de demanda rural difieren enormemente en cuanto a sus perfiles económicos, sino que toda esta compleja estructura de variados perfiles cambia dinámicamente con el tiempo.

Las cifras que sobre México figuran en el Cuadro 2 indican el gran número de centros de demanda rural existentes en ese país, su diversidad, en función de la escala de demanda potencial y los variados niveles de electrificación rural ya logrados. Asimismo sugieren la diversidad de perfiles económicos de los centros de demanda que aspiran se les asignen proyectos de electrificación rural.

Para satisfacer las necesidades de estos centros de demanda que se caracterizan por su estructura compleja y que se modifica dinámicamente, las autoridades encargadas de la energía pública tienen tres opciones:

Primero, pueden introducir la electricidad en un centro de demanda que hasta ahora carecía de ella. A ese fin pueden proceder de varias maneras:

- a) mediante la conexión de un centro de demanda a una línea de distribución o transmisión ya existente:
  - i) dentro del país; o
  - ii) en un país adyacente.
- b) mediante la instalación de una unidad generadora aislada en el centro de demanda (o cerca de él). Este procedimiento puede combinarse con el anterior a fin de considerar el suministro posterior de electricidad en forma marginal a las aldeas vecinas.

Segundo, puede introducir la electricidad en un centro de demanda que cuenta con ella pero a precios comparativamente elevados o en cantidades restringidas o con ambas limitaciones.

Tercero, puede rechazar a un centro de demanda rural que postula a ser electrificado dejándolo sin electricidad, o con ella pero a precios relativamente elevados, o en forma limitada, o con ambas restricciones.

Según cual sea la decisión que se adopte se obtienen tres tipos de proyectos de electrificación rural: de conexión nacional o internacional y de instalación de centrales generadoras pequeñas y aisladas, además de la construcción de las redes de distribución de la energía.

Cuadro 2

MEXICO: DISTRIBUCION DE LA POBLACION EN LAS ZONAS RURALES

Población de las aldeas	Número de aldeas	Población		Observaciones
		Número	Porcentaje	
Menos de 100	55 376	1 823 500	7	Zonas de baja demanda, elec- trificadas en 25 %.
100 - 499	28 494	6 944 500	26	
500 - 999	7 346	5 091 900	19	
1000 - 4999	5 207	9 681 800	37	Zonas de demanda mediana y alta, electrificadas en 80 %.
5000 - 9999	416	2 894 300	11	
	96 839	26 436 400	100	
	=====	=====	=====	

Fuente: Comisión Federal de Electricidad

Cuando se aborda la electrificación rural con un criterio dinámico, aún en un país pequeño, es enorme la complejidad analítica implícita en este conjunto de centros de demanda y de proyectos optativos. Como el costo de electrificar un centro de demanda rural es elevado, si se comete un error, éste cuesta caro. <sup>2/</sup>

Consideradas en conjunto las decisiones erróneas adoptadas por debilidad en los niveles estratégicos o tácticos o porque no se aplica un criterio realista, o por ambos motivos, pueden ser enormes medidas en función del desperdicio nacional de recursos.

¿ Cómo puede abordarse este problema tan complejo ? ¿ Qué objetivos deben buscarse en la esfera de la electrificación rural ? ¿ Cómo puede idearse una estrategia de electrificación rural capaz de enfocar en forma realista esta compleja situación ? ¿ Qué pautas tácticas pueden elaborarse para llevar a la práctica esa estrategia ? ¿ Qué criterios pueden aplicarse para la adopción de decisiones que tengan sentido desde el punto de vista social y que a la vez surtan efecto en la práctica ? Estas son algunas de las interrogantes fundamentales que se plantean los planificadores en la esfera de la electrificación rural y si no se abordan con decisión desde el comienzo inevitablemente se producirán grandes pérdidas económicas en países que difícilmente pueden soportarlas.

#### 4. Necesidades generales: estrategia, tácticas básicas y criterios de decisión

Los planificadores a cargo de la electrificación rural tienen ante sí tres exigencias básicas:

Primero, es necesario disponer de una estrategia general para abordar los problemas que plantea este conjunto complejo de centros de demanda que son candidatos potenciales para que se les asigne proyectos de electrificación rural.

---

<sup>2/</sup> El costo económico que representa la adopción de una decisión equivocada de esta índole es igual a la diferencia entre la rentabilidad real de los respectivos recursos mal invertidos y la que hubiesen obtenido si se les hubiese destinado a su mejor uso.

Segundo, es necesario disponer de un enfoque táctico fundamental para llevar a la práctica esta estrategia global.

Tercero, es necesario disponer de un conjunto definido de criterios (y restricciones) para elegir entre diversos proyectos de electrificación rural que compiten por los limitados fondos de capital disponible.

La planificación de la electrificación rural que aquí se analiza tiene por objeto lograr la electrificación de todos los centros de población rural. Según la pauta fundamental que orienta los trabajos hacia esa meta, en cualquier momento en que se adopta una decisión se preferirán los proyectos de electrificación rural más justificados desde el punto de vista económico que los menos justificados. El criterio que se propone en este estudio para evaluar su justificación es la relación beneficio/costo de cada proyecto.<sup>8/9/</sup> La relación (B/C) utilizada para hacer la selección debe ser valedera en el momento en que ésta se hace, en consecuencia se eliminarán las relaciones (B/C) estimadas anteriormente y que ya no tienen validez porque se han modificado a las circunstancias económicas.

La ejecución táctica de esta estrategia general supone tres tareas básicas:

Primero, estructurar el conjunto de centros de demanda de manera que se puedan elegir racionalmente unos pocos proyectos para su estudio, del número mayor de posible candidatos que existen en un momento considerado.

8/ El concepto de "proyecto" de electrificación rural no deja de tener sus ambigüedades y como se verá más adelante la expresión "proyecto" puede tener varias acepciones según la situación estudiada.

9/ Este criterio de decisión no tiene carácter dogmático. Determinadas circunstancias pueden inducir a no depender exclusivamente del criterio de costos-beneficios como por ejemplo, cuando hay categorías importantes de beneficios que no pueden estimarse empíricamente sobre bases convincentes. Pero siempre debería existir una razón de peso en el caso concreto de apartarse de una norma estratégica global o de la relación (B/C) como mecanismos básicos para la ordenación de proyectos.

Segundo, la evaluación económica y la ordenación de prelación según sus méritos, de los proyectos originalmente elegidos.

Tercero, la elección de un conjunto de proyectos de electrificación rural económicamente viables.

En las secciones siguientes se hace un breve análisis de estas tres tareas.

#### 5. Ordenación del conjunto de centros de demanda

Esta ordenación se hace con la finalidad de tener un marco que ayude a seleccionar eficientemente unos pocos proyectos del número mucho mayor que postulan a la instalación de sistemas de electrificación rural. Como todo error que se cometa al seleccionar proyectos para estos fines resulta muy oneroso esta etapa es importante desde el punto de vista táctico.

A este fin es útil definir tres clases generales de centros de demanda rural:

Primero, los centros de demanda principales, es decir, los que tienen una población relativamente grande (más de mil habitantes) una densidad demográfica relativamente alta y que se encuentran razonablemente próximos a las redes existentes o proyectadas de transmisión o distribución.

Segundo, los centros de demanda satélites, es decir, los que tienen una población relativamente reducida pero que se encuentran suficientemente cercanos a los centros de demanda principales o a las líneas de conexión proyectadas a centros principales, como para que se justifique evaluarlos como extensiones marginales de centros principales o como extensión marginal de otro centro de demanda satélite.

Tercero, los centros de demanda restantes, que en su mayoría incluyen centros de demanda característicamente remotos cuya población es reducida y que tienen diversas perspectivas de crecimiento económico, aunque en muchos casos son relativamente reducidas.

En general, la selección inicial de un centro de demanda para el estudio preliminar de viabilidad es en gran medida intuitiva. Nadie puede decir a priori que un proyecto de electrificación rural, que incluye un centro de demanda clasificado en algunas de las tres categorías anteriores, se justifique más desde el punto de vista económico que un proyecto perteneciente a otra clase. Esta cuestión sólo puede ser resuelta definitivamente mediante trabajo empírico. <sup>10/</sup>

Pero hay algunas consideraciones de orden práctico que pueden reducir el enorme riesgo de error implícito en los trabajos en que predomina la intuición para identificar los posibles proyectos que se incluirían en el estudio preliminar de viabilidad.

#### 6. Los centros de demanda principales y sus satélites

Es necesario estudiar en especial los centros de demanda principales por cuanto suelen contener las unidades productivas que necesitan energía eléctrica para acrecentar sus ventas, rebajar sus costos unitarios de suministro, o para lograr ambos fines, y que están en condiciones de pagar su precio. En este sentido las unidades industriales de base agrícola son las más importantes las que usualmente requieren la electricidad para refrigeración, para fuerza motriz o para alumbrado. Esta consideración es importante porque el fracaso económico de muchos proyectos de electrificación rural a menudo puede atribuirse a la insuficiente demanda de energía eléctrica de actividades industriales. Además, en estos centros hay gran número de consumidores potenciales de carácter doméstico y comercial.

El hecho de dedicarse preferentemente en un comienzo a la identificación de los centros de demanda principales para su evaluación económica,

---

<sup>10/</sup> Un método más o menos exacto para resolver este problema consiste en elaborar un índice ponderado de las ventajas de los futuros proyectos. Para construir este índice se asignarían ponderaciones a las principales variables indicadas anteriormente por ejemplo potencial productivo, posibles costos de capital, población y densidad de población; y luego se asignarían estimaciones escalonadas a estas variables con arreglo a algún sistema racional preconcebido.

tiene también la ventaja de que una vez hecha su conexión, la conexión posterior de centros satélites exteriores puede abordarse sistemáticamente sobre la base del análisis marginal. Este es un aspecto de fundamental importancia porque sería antieconómico electrificar muchos centros satélites si cada uno de ellos fuese analizado como problema aislado en la electrificación rural. Pero cuando se aborda sobre una base marginal, dada la electrificación de los centros principales respectivos, la de muchos de estos centros satélites será viable desde el punto de vista económico.

Este razonamiento sugiere cómo enfocar la identificación de centros satélites para la evaluación. Especialmente, los centros satélites se definen con respecto a los centros principales que les corresponden. Desde el punto de vista analítico se las aborda como inversiones marginales y se consideran como costos amortizados, los de electrificar los respectivos centros principales. Al analizar la viabilidad de electrificar un satélite en un conjunto de satélites, algunos de los cuales ya fueron electrificados (o cuya electrificación se proyecta), se consideran también amortizados todos los costos anteriores. En suma, se necesita aplicar un método iterativo, centro por centro, para abordar el problema de la posible electrificación de cada satélite en un conjunto de ellos.<sup>11/</sup> Cuando se aplica este método desde el punto de vista económico se consideran amortizados, y por lo tanto, no pertinentes, todos los costos anteriores en que se haya incurrido (ya sea histórica o conceptualmente) hasta el momento en que se hace la evaluación del satélite considerado.

---

<sup>11/</sup> En algunas oportunidades, por consideraciones de ingeniería, conviene considerar dos o más centros satélites como una sola unidad de análisis operacional con arreglo a este método global iterativo, centro por centro. Por ejemplo puede ocurrir que cuando se diseña una línea de subtransmisión para conectar un centro de demanda satélite pequeño, el diámetro de los conductores no quede determinado por consideraciones eléctricas (por ejemplo la regulación de voltaje) sino más bien por consideraciones de índole mecánica. En esos casos quizá sea económicamente viable extender la línea a otro u otros satélites cercanos a fin de atenderlos inmediatamente siempre que la demanda combinada de esos satélites no exceda de la capacidad eléctrica de la línea de subtransmisión.



Uno de los problemas básicos que se plantea al hacer la evaluación de los centros satélites consiste en que su número es excesivo en muchos países. El sistema iterativo, centro por centro considera la relación (B/C) de un conjunto de satélites como el foco operacional de análisis, pero procede de manera que los proyectos de electrificación inaceptables desde el punto de vista económico en determinado conjunto de satélites no sean rechazados estrictamente por deficiencias metodológicas. La finalidad es obtener una lista de proyectos de electrificación rural para algunos conjuntos de centros satélites que tienen relaciones (B/C) iguales o superiores a la unidad. Se procede entonces a comparar estos conjuntos con todos los demás proyectos de electrificación rural económicamente viables. <sup>12/</sup>

#### 7. Centros de demanda aislados

Este grupo de centros de demanda tiene dos características fundamentales. Primero, suelen ser numerosos y segundo, los proyectos de electrificación rural de muchos centros aislados suelen no ser económicamente viables porque su mercado de energía eléctrica es extremadamente pequeño y al mismo tiempo los costos de capital necesarios para servirlos a menudo son enormes. Sin embargo, dentro de este grupo hay muchos centros de demanda que son económicamente viables y el problema consiste entonces en identificarlos para luego compararlos con proyectos de electrificación rural en que están incluidos conjuntos principales y satélites.

¿ En qué forma puede procederse para elegir un número razonable de estos centros aislados a fin de hacer su evaluación económica de entre el número mucho mayor de todos los centros aislados que pueden ser objeto de estudios de electrificación rural ?

Existen algunas pautas que orientan esta difícil tarea de selección.

---

<sup>12/</sup> Evidentemente la selección de un conjunto de centros satélites para fines de electrificación supone que ya se haya electrificado el centro primario que le corresponde o que se haya elegido el centro primario que le corresponde, para su electrificación futura.

Por ejemplo, cabría dudar de la capacidad para respaldar proyectos de electrificación rural de los centros de demanda aislados en los cuales no parece tener perspectivas importantes de crecimiento el componente industrial de la demanda de energía. El grave riesgo de cometer errores y las pérdidas económicas consiguientes sugieren que en la elección para fines de evaluación se asigne una prioridad muy baja a estos centros aislados de demanda. Este simple criterio restringe apreciablemente el campo de posibles candidatos. A la inversa, merecen especial atención, los centros aislados que ofrecen buenas perspectivas de consumo energético industrial.

Además, vale la pena prestar especial atención a los centros de demanda aislados que pueden ser abastecidos mediante pequeñas unidades hidráulicas instaladas en lugares cercanos, por el ahorro de combustible y capital que pueden ofrecer en relación con la generación que utiliza combustible diesel o las posibles opciones de interconexión. También, en algunos casos quizá pueda trasladarse a un centro aislado un generador diesel desechado de un centro de demanda primaria o satélite. El costo económico (es decir el costo de oportunidad) que supone el uso de estos generadores diesel desechados puede ser muy pequeño, de suerte que se reduciría el gasto de capital que en muchos casos desalienta la electrificación de centros de demanda aislados. En relación con esto tal vez valga la pena examinar los centros aislados de fácil acceso por carretera (para el transporte del combustible).

Por último, podría convenir evaluar centros de demanda aislados que carecen de electricidad antes que centros aislados que cuentan con ella, pero en condiciones relativamente desfavorables. En conjunto estos criterios pueden ser útiles para abordar la difícil tarea de identificar centros de demanda aislados para hacer su evaluación económica.

Si bien estos criterios pueden ser útiles para estos fines no cabe duda que, como en el caso de los centros primarios y satélites, en el caso de los centros aislados también es intuitiva la identificación inicial. Si se tiene clara conciencia de las complejidades que supone, salta a la vista que el método por tanteos es característico de este proceso de identificación y que

en sentido estocástico alguna selección errónea es inevitable. Si bien es necesario conocer la tecnología de la energía eléctrica y la economía de muchas zonas rurales también es necesario usar la imaginación y el valor de innovar.

Con todo, y si se dejan de lado estas observaciones, el objetivo de este análisis es claro: establecer el orden de prelación de los proyectos correspondientes a centros de demanda aislados de modo que una vez que se ha establecido su viabilidad económica, puedan competir con otros candidatos del conjunto de centros primarios y satélites por los escasos recursos.

#### 8. Comparación y selección de proyectos

Quando se llegue a esta etapa existirán cuatro tipos de proyectos de electrificación rural económicamente factibles y todos sus elementos tendrán su propia relación (B/C): <sup>13/</sup>

- a) Proyectos que incluyen centros de demanda primarios.
- b) Proyectos que comprenden conjuntos satélites relacionados con centros primarios que ya han sido electrificados.
- c) Proyectos que abarcan conjuntos satélites relacionados con centros primarios que todavía no han sido electrificados, pero cuya electrificación se considera factible desde el punto de vista económico.
- d) Proyectos que incluyen centros de demanda aislados.

Ahora se aplica un criterio para la adopción de decisiones y se tienen en cuenta dos restricciones. El criterio consiste en elegir individualmente los proyectos de electrificación rural factibles desde el punto de vista económico según el orden de prelación establecido por sus relaciones (B/C) sin tener en cuenta a qué conjunto pertenecen. (Naturalmente no puede elegirse un proyecto perteneciente al conjunto tres hasta que no se haya elegido su centro primario de referencia).

---

<sup>13/</sup> Más adelante se examinará el método para estimar la relación (B/C) de los proyectos de electrificación rural.

Las dos restricciones son: primero, el proceso de selección continúa hasta que se agoten los fondos de capital disponibles para invertir en proyectos de electrificación rural;<sup>14/</sup> y segundo, las necesidades financieras y de administración del conjunto de proyectos elegidos deben ser compatibles con los recursos administrativos y financieros de que dispone el organismo de electrificación rural.

#### 9. Algunas consideraciones básicas sobre beneficios y costos

El análisis anterior se refería a la necesidad de hacer una evaluación de beneficio-costos de los proyectos del sector público en general y de los proyectos de electrificación rural en especial. Se insistió en la necesidad de aplicar un criterio estratégico global en relación con el problema de la electrificación rural y asimismo de disponer de pautas tácticas claras a fin de llevar a la práctica esa estrategia y de criterios concretos en materia de adopción de decisiones que permitieran elegir entre los proyectos de electrificación rural viables desde el punto de vista económico.

Desde el punto de vista económico la interrogante básica que plantea cada proyecto de electrificación rural es la siguiente: ¿ en qué medida los desembolsos por concepto de capital, combustible adicional y otros costos de explotación afines desde el punto de vista económico quedan compensados por los siguientes beneficios producidos con el transcurso del tiempo? :

- a) Los beneficios directos del proyecto, medidos por los pagos que realizan los consumidores por la electricidad suministrada por el proyecto (es decir, las ventas).

---

<sup>14/</sup> Se presume en este trabajo que el gobierno central distribuye periódicamente los fondos entre los organismos rurales de electrificación los que a su vez tienen libertad para elegir los proyectos de acuerdo con los recursos financieros totales de que disponen.

b) El excedente del consumidor en relación con la demanda de electricidad abastecida por el proyecto. <sup>15/</sup>

c) Cambios en el excedente de los consumidores vinculados estrictamente con los cambios en el precio de los combustibles desplazados por el proyecto de electrificación rural. <sup>16/</sup>

---

15/ El excedente del consumidor se refiere al monto máximo que un individuo estaría dispuesto a pagar por determinado volumen de un producto descontada la cantidad que realmente paga para adquirirla. En este caso se usa la demanda individual como referencia conceptual. El total del excedente del consumidor es el monto máximo que el grupo entero de consumidores de un producto estaría dispuesto a pagar para adquirir determinado volumen de dicho producto descontada la cantidad realmente pagada para adquirir ese volumen. Ahora se usa como referencia conceptual la demanda del mercado. En el gráfico I (ce) es la demanda del producto (x) en el mercado. Al precio (b) los consumidores pagan (abdf) por (af) unidades del producto (x). El excedente total de los consumidores en este momento está dado por la superficie (bcd).

Este concepto de excedente del consumidor es estático en la medida que se refiere a un momento en el tiempo. En el gráfico II se modifica el concepto de excedente del consumidor a fin de tener en cuenta cómo se genera con el transcurso del tiempo. La demanda (ce) del gráfico I es reemplazada en el gráfico II por una superficie de demanda (ceki) mediante la inserción de un eje de tiempo comprendido desde  $t=1$  en el punto (a) hasta  $t=n$  en el punto (g). En el gráfico II se indica el excedente total del consumidor mediante el volumen (cbdjhi) para el intervalo comprendido entre  $t=1$  y  $t=n$ . Este concepto dinámico de excedente de los consumidores se aplica a los trabajos de beneficio-costos.

16/ Es preciso aclarar que la disminución de los costos de suministro de energía a los consumidores representa sólo una parte del cambio total que experimenta el excedente de los consumidores por efecto de las modificaciones en los precios de la energía. Véase el gráfico III en que (dg) es la demanda del producto (x) en el mercado, cuyo precio inicial es (c). A este precio se consumen (ai) unidades de (x). El excedente de los consumidores por unidad de tiempo es (cde). Ahora supóngase que el precio (x) baja de (c) a (b) y que el consumo de (x) aumenta de (ai) a (ah). El excedente de los consumidores ha aumentado en (bcef). El aumento del excedente de los consumidores consta de dos elementos: primero, de la reducción del costo para los consumidores (bcej) con respecto al volumen original de (x) consumido antes de que bajara el precio de (x); y segundo, el resto del incremento del excedente de los consumidores, (ejf), atribuible al hecho de que el aumento del consumo del producto (x) ocurre ahora a un precio reducido.

- d) El crecimiento atribuible exclusivamente al uso de la energía suministrada por el proyecto de electrificación rural.
- e) Cambios en las economías externas<sup>17/</sup> (positivas o negativas) vinculadas con el proyecto.

La corriente de beneficios netos obtenidos con el transcurso del tiempo vinculados con un proyecto de electrificación rural (sobre la base de un costo mínimo) y la corriente de costos vinculados con él se sintetizan en el tiempo en la relación beneficio/costo del proyecto. Esta síntesis se logra aplicando como tasa de descuento para actualizar los respectivos valores el costo de oportunidad social del factor capital. En esencia este factor regula el grado en que pueden intercambiarse los costos típicamente de corto plazo por los beneficios típicamente de largo plazo de un proyecto.

En esta sección se hace un breve análisis de los beneficios y los costos que suelen estar vinculados con los proyectos de electrificación rural. El análisis se ha organizado de la siguiente forma: primero se describe la economía de la energía en una economía rural típica antes de ponerse en marcha el proyecto de electrificación rural; segundo, se describe cada una de las cinco categorías de posibles beneficios indicados; y tercero, se esbozan brevemente los costos económicos de los proyectos de electrificación rural.

a) La economía de la energía rural

En las zonas rurales, como en las urbanas, se usa una combinación de diversos combustibles para satisfacer las distintas necesidades de energía. Hay dos diferencias fundamentales entre la modalidad de consumo de energía en las zonas rurales y urbanas: primero, la combinación de combustibles utilizada en las zonas rurales contiene menos componentes de capital que la combinación de combustibles consumida en las zonas urbanas; y segundo, la intensidad con que se usa la energía en los hogares y en las empresas es inferior en las zonas rurales que en las urbanas.

---

<sup>17/</sup> Véase la definición de esta expresión en la página 34, párrafo 3.

Sin embargo, desde el punto de vista de los usos finales de la energía, el mercado potencial de electricidad en las zonas rurales es más o menos similar al de las zonas urbanas.<sup>18/</sup> La energía eléctrica constituye fundamentalmente un substitutivo de diversos combustibles utilizados para proporcionar luz, calor, refrigeración y energía motriz.

En las zonas rurales muchos de los combustibles utilizados para estos fines tienen un precio de mercado (por ejemplo, el queroseno utilizado para el alumbrado). Pero hay otros combustibles utilizados en las zonas rurales que no tienen precio de mercado. Algunos de éstos tienen un costo de suministro marginal, pero no existe una demanda definida de ellos para un uso final determinado de la energía (por ejemplo, luz de velas). Algunos otros de estos combustibles, que no tienen precio de mercado, tienen un costo de suministro marginal igual a cero (por ejemplo, la luz solar directa y reflejada).

No está demás hacer la distinción entre estas tres clases de combustibles. Es fundamental para determinar en qué medida, mediante la introducción de un proyecto de electrificación rural pueden generarse cambios en el excedente de los consumidores causados estrictamente por cambios en los precios de la energía.

Antes de que se introduzca un proyecto de electrificación rural el centro típico de demanda rural satisface sus necesidades de alumbrado utilizando diversos combustibles: queroseno, madera, carbón y desperdicios vegetales (para hacer fuego), velas, luz solar directa y reflejada. En algunos centros se satisfacen volúmenes relativamente reducidos de energía eléctrica, de elevado costo, utilizando motores de combustión interna diesel o a queroseno. Las necesidades de calefacción se satisfacen típicamente en estos centros con fuego (leña, carbón, desperdicios vegetales) utilizando queroseno, o el calor del cuerpo humano. Como fuente de energía motriz se utilizan seres

---

<sup>18/</sup> Como excepciones principales cabe señalar el uso de la electricidad para fines electrolíticos que suele ser, pero no necesariamente, un fenómeno urbano, y el uso de la electricidad para el transporte (por ejemplo ferrocarriles subterráneos) que es un fenómeno estrictamente urbano.

humanos y animales de tiro, que como combustible utilizan alimentos y forraje y en algunos casos aislados también motores de combustión interna y mecanismos movidos por el viento. Las necesidades de refrigeración en las zonas rurales se satisfacen corrientemente por el aire u ocasionalmente por refrigeradores eléctricos alimentados por pequeños grupos generadores aislados movidos por motores de combustión interna y en algunos casos unidades refrigeradoras accionadas con queroseno.

b) Beneficios directos y relacionados con el excedente de los consumidores, atribuibles al combustible

¿Como la introducción <sup>19/</sup> de un proyecto de electrificación rural modifica los beneficios provenientes de las primeras tres fuentes de beneficios derivados de los proyectos (de las cinco que se han señalado): los beneficios directos del proyecto y los beneficios vinculados con el excedente de los consumidores por concepto de venta de electricidad suministrada por el proyecto, por una parte, y los vinculados con los cambios en el precio de los combustibles desplazados por la electricidad, por la otra ?

Quando se empieza a suministrar electricidad a un centro de demanda rural se inician dos procesos: primero los consumidores empiezan a utilizarla en reemplazo de varios otros combustibles para satisfacer distintos usos finales de la energía; y segundo, se reduce la demanda de los otros combustibles por efecto del proceso de sustitución. <sup>20/</sup> Esta contracción de la

19/ O el suministro de electricidad a precio más bajo mediante un proyecto de electrificación rural que atiende a un centro de demanda que ya disponía de electricidad pero a un precio más alto y cuyo abastecimiento era típicamente restringido.

20/ En términos económicos la contracción de la demanda de un combustible es el desplazamiento de su curva de demanda a la izquierda, por haber sido sustituido por la electricidad en varios usos finales concretos. En sentido dinámico naturalmente pueden continuar aumentando los volúmenes del combustible desplazado o consumidos por diversas razones, pese a que haya sido desplazado en un comienzo por la energía generada por el proyecto de electrificación rural.



demanda de combustibles desplazados se mantiene hasta que emerge una nueva estructura para esa demanda.

Estos dos cambios y sus repercusiones para los beneficios del proyecto que figuran en las tres primeras categorías están representados esquemáticamente en el Gráfico IV para tres combustibles que se destinan a determinados usos finales.<sup>21/</sup> El caso A se refiere a un combustible cuyos costos de suministro son crecientes: por ejemplo, la leña comprada en el comercio que se usa para la calefacción. El caso B, a un combustible que tiene costos de suministro constantes en el intervalo de volumen examinado: por ejemplo el queroseno usado para el alumbrado. El caso C, a un combustible cuyo abastecimiento se realiza a un costo decreciente, como por ejemplo, el costo de abastecimiento de la electricidad generada en un centro de demanda mediante un pequeño motor diesel. El costo marginal de abastecimiento de esta electricidad es igual al costo del petróleo diesel por unidad de energía generada, y este costo unitario aumenta a medida que disminuye la generación de energía con respecto al nivel de generación que representa la eficiencia máxima de diseño del grupo motor - generador utilizado.<sup>22/</sup>

En los casos A, B y C, las curvas de demanda corresponden al mercado total de combustible que se consume en el centro de demanda para un uso final determinado de la energía; y la curva de costo se refiere a los costos marginales del suministro de ese combustible. Por lo tanto, el

---

<sup>21/</sup> Para facilitar la exposición se consideran solamente estos tres combustibles en determinados usos finales. En la realidad el analista debe considerar todas las combinaciones de usos finales de combustible y energía en las que repercute el proyecto de electrificación rural.

<sup>22/</sup> En realidad esta es una simplificación exagerada porque no se tienen en cuenta las variaciones de los costos marginales vinculados con las modificaciones de la eficiencia de distribución de la energía a los consumidores debidas a las menores pérdidas por el menor volumen de energía. Sin embargo, a los fines de la demostración esta simplificación excesiva no es restrictiva.

análisis es estático. Pero naturalmente para cada concepto existe una tendencia cronológica característica que tendría que tenerse en consideración cuando se calculara la relación beneficio/costo. <sup>23/</sup>

La energía que se obtiene de un proyecto de electrificación rural se vende entonces al precio ( $p$ ) que figura en el gráfico IV. El consumo de ella está dado por ( $o\beta$ ) y los beneficios directos del proyecto son ( $opxo\beta$ ) y corresponden a los pagos en dinero por concepto de su venta. El beneficio correspondiente al excedente del consumidor vinculado con la venta es ( $pDx$ ).

Los beneficios del proyecto pertenecientes a la tercera categoría emanan de cambios en el excedente del consumidor relacionados con cada combinación final de energía/combustible que sufre las repercusiones de la venta de electricidad generada por el proyecto de electrificación rural. Este cambio es positivo en el caso A y por lo tanto es un beneficio del proyecto. En el caso B no se modifica el excedente del consumidor y por lo tanto por este concepto el proyecto no produce beneficio. Sin embargo, en el caso C el excedente del consumidor experimenta un cambio negativo y en este caso hay un costo y no un beneficio vinculado con el consumo de este combustible después de haber sido parcialmente desplazado por el proyecto de electrificación. Estas tres conclusiones merecen explicación. En el caso A la demanda de leña para calefacción, antes de que se introduzca el proyecto de electrificación rural, es ( $DD$ ). La leña se transa en el comercio y se suministra en condiciones de costos marginales crecientes ( $SS$ ). Antes de que entre en vigencia el proyecto de electrificación el precio de la leña es ( $a$ ) y se consumen ( $oc$ ) unidades por unidad de tiempo. Con la introducción de la electricidad la demanda de leña varía de ( $DD$ ) a ( $D_1D_1$ ) su precio unitario y sus costos de abastecimiento bajan de ( $a$ ) a ( $d$ ) y el consumo cae de ( $oc$ ) a ( $of$ ).

---

<sup>23/</sup> El análisis considera también el precio del combustible determinado por la interacción de su demanda en el mercado y las curvas de costo de su abastecimiento. Sin embargo, quizá esta igualdad no se cumpla en el precio de un combustible determinado. Con todo, el uso de esta hipótesis tiene dos ventajas: primero, simplifica la exposición y segundo no perjudica las conclusiones generales.

Los consumidores que continúan usando leña después que otros la han sustituido por la electricidad pagan ahora un precio inferior en comparación con lo que pagarían si no se hubiese puesto en marcha el proyecto de electrificación rural. Por lo tanto, aumenta el excedente del consumidor y esto constituye un beneficio (abad) atribuible al proyecto de electrificación rural.

En los casos B y C se aplica un razonamiento similar al caso A. En ambos casos, la curva de demanda se desplaza de (DD) a ( $D_1D_1$ ) a medida que los consumidores de electricidad del proyecto la usan en reemplazo del queroseno para alumbrado (caso B) y de la electricidad suministrada por un pequeño grupo diesel aislado (caso C). Se supone que el precio del queroseno y del petróleo diesel se fija en relación con los costos unitarios de su importación y esos costos no varían en los volúmenes considerados.<sup>24/</sup>

Cuando la demanda de queroseno para el alumbrado se desplaza de (DD) a ( $D_1D_1$ ) el volumen consumido baja de (ob) a (oc) (caso B). Pero, su precio se mantiene en (a) por consiguiente el proyecto no produce beneficios por este concepto.

24/ Evidentemente, puede ocurrir otra cosa, porque los organismos públicos encargados del petróleo suelen fijar el precio de estos combustibles a un nivel inferior al que tendría si se usase una base paritaria de importación. En esos casos la introducción del proyecto de electrificación rural se traduce en una reducción de la subvención pública (implícita) que reciben estos combustibles y esta reducción de la subvención puede considerarse como beneficio del proyecto de electrificación rural.

En efecto, en el gráfico V (DD) y ( $D_1D_1$ ) son las curvas de demanda del queroseno usada para el alumbrado en determinado momento, antes y después de que se disponga de electricidad. Antes de que se pueda utilizar la energía producida por el proyecto de electrificación rural el precio de mercado del queroseno para alumbrado es (c); a este precio se consumen (ob) unidades por unidad de tiempo. Si se utilizase la paridad de importación, el precio del queroseno para el alumbrado habría sido (d). Por lo tanto, la subvención implícita que reciben los consumidores de este producto es de  $\triangle (cd) (ob) = (cdfe)$  por unidad de tiempo. Al restringirse la demanda de (DD) a ( $D_1D_1$ ) la subvención implícita baja de (cdef) a (cdgh) o en (ghfe). Esta reducción de la subvención implícita por unidad de tiempo que reciben los consumidores de queroseno para el alumbrado es un beneficio que debe acreditarse al proyecto de electrificación rural. Aunque el análisis de las subvenciones sea hecho en función del queroseno para el alumbrado tienen aplicación general (es decir, las reducciones de las subvenciones concedidas a los combustibles son beneficios que deben atribuirse a los proyectos de electrificación rural).

Con todo, en el caso C el desplazamiento de la demanda (DD) a ( $D_1D_1$ ) se traduce en una reducción del volumen de energía generado por el pequeño generador diesel del centro de demanda de (oc) a (of). Esta reducción del volumen hace aumentar el costo de suministro unitario (diesel) en (ad) por cuanto el generador funciona ahora a un nivel inferior de eficiencia física.<sup>25/</sup> El aumento del precio postulado está vinculado con una reducción del excedente de los consumidores que experimentan quienes continúan utilizando estas fuentes de energía después de la introducción del proyecto de electrificación rural. Por lo tanto debía asignarse al proyecto un costo económico por unidad de tiempo igual a (adcg).<sup>26/</sup>

Los tres casos examinados en el Gráfico IV se refieren exclusivamente a combinaciones de usos finales de la energía/combustible en circunstancias en que había un precio de mercado para el combustible respectivo. Pero hay también otras clases de combustibles que deben ser considerados. Primero, existen los combustibles cuyo precio es siempre igual a cero y cuyo costo de suministro también lo es (es decir aquellos cuya curva de oferta coincide con el eje del volumen). Cabe señalar a este respecto el uso del aire para la calefacción y el enfriamiento naturales; el uso de caídas de agua (cuando no hay otra utilización alternativa de ellas) para generar electricidad o para suministrar energía motriz directa; el uso de leña y desecho vegetales gratuitos para la calefacción y alumbrado (cuando el tiempo destinado a la recolección y el uso de los combustibles no tiene costo de oportunidad). Como el costo de suministro de estos combustibles es igual a cero su precio también lo es y por lo tanto la puesta en marcha de un proyecto de electrificación rural no modificará el excedente del consumidor en relación con el uso que se continúa haciendo de éste.

<sup>25/</sup> Cabe recordar al lector la hipótesis simplificadora descrita en la nota 22.

<sup>26/</sup> Si los adquirientes de petróleo diesel para este generador lo comprasen a un precio subvencionado la reducción de la subvención atribuible a la disminución de la producción de este generador debería ser acreditada al proyecto.

El segundo grupo de combinaciones finales de usos de energía/combustible que pueden modificar el excedente del consumidor tienen tres características generales; primero, hay demanda de ese combustible para un uso final concreto de la energía; segundo, los costos marginales de suministro de la energía ocupan una posición que es función del volumen de la energía suministrada; tercero, ese combustible no tiene precio de mercado. Por consiguiente, existe un grave problema práctico para estimar la curva de demanda de combustible perteneciente a este grupo y por ese motivo se plantea un serio problema en la estimación de los cambios de los excedentes de los consumidores.

Como ejemplo de combinaciones finales del uso de la energía/combustible incluidos en esta categoría cabe señalar el consumo de velas para alumbrado; la energía motriz suministrada por animales de tiro alimentados con forraje que podría venderse en el comercio; el alumbrado y la calefacción a base de leña y de desperdicios vegetales gratuitos pero que podrían haber sido vendidos de no destinarse a este fin, etc.

Es probable que los excedentes de los consumidores derivados de cambios en los precios de los combustibles sean en estos casos de poca importancia cuantitativa. Muchos consumidores de energía rural, ya están usando queroseno. Y en los casos en que continúa utilizándose velas el bajo nivel de ingreso real de la unidad consumidora respectiva probablemente impediría que se sustituyeran las velas por electricidad durante un cierto tiempo. Los otros dos ejemplos citados de combustibles de este grupo, podrían ser de interés desde el punto de vista conceptual, pero lo más probable es que el uso de leña obtenida gratuitamente o de forraje naturales para tracción animal no implique que sus usuarios renuncien a la venta de esta fuente de energía. En la medida en que esto ocurra el costo económico de suministrar estos combustibles es realmente igual a cero, y no se modifica el excedente del consumidor por el hecho de que se los siga usando después de haberse introducido el proyecto de electrificación rural.

La principal repercusión de las conclusiones aquí expuestas es que se justificarían los trabajos empíricos relacionados con los beneficios emanados

de un cambio en el precio de los combustibles si esta labor se concentrara en aquellas combinaciones de uso finales de energía/combustible respecto de las cuales el combustible se transa a cierto precio. Se pueden aplicar pautas burdas para estimar los beneficios de los combustibles que no tienen precios de mercado pero un costo marginal positivo. La aplicación de este criterio burdo se justificaría por dos razones: los beneficios que acarrearía para este último grupo de combustibles tendrían probablemente una magnitud relativamente pequeña en el caso típico y, segundo, las dificultades prácticas que plantea confeccionar una escala de los cambios de los excedentes de los consumidores para este segundo grupo son de tal magnitud que no debería destinarse mucho esfuerzo para lograr una reducción muy pequeña del amplio margen de error que necesariamente supone esta tarea.

c) El crecimiento inducido y las economías externas

El hecho de que viviendas y empresas dispongan de electricidad a menudo posibilita una serie de actividades que de lo contrario no podrían realizarse. Además, el uso de la electricidad muchas veces permite que tanto las empresas como las familias produzcan un número mayor de productos del mismo tipo por unidad de tiempo que no hubiesen dispuesto de ella. Finalmente, puede suceder que al bajar el costo unitario de suministro de algunos bienes como consecuencia de la llegada de la electricidad a un centro de demanda bajen también los precios de algunos de esos bienes. Este tipo de ventaja a que da lugar el crecimiento inducido debería atribuirse a los proyectos de electrificación rural, puesto que son los únicos que los originan.

El problema de medir esta clase de beneficios puede abordarse examinando por separado los correspondientes a las viviendas y a las empresas rurales. Después que el organismo encargado de la energía eléctrica ha incurrido en el costo de llevar la electricidad hasta un predio rural, el propietario generalmente tiene que invertir en la conexión a la red, la ejecución de la instalación interior de la casa y en la compra de una serie de artículos que le permiten adquirir y utilizar la electricidad de la manera que desea a través

del tiempo. Estos artículos incluyen bombillas eléctricas, planchas, receptores de radio, televisión, etc. Si el jefe de hogar rural es persona de criterio no hará ninguna de estas inversiones a menos que piense que el valor actual del agrado que le procurarán a él y su familia será al menos equivalente al valor actual del costo en que hay que incurrir para generar tal agrado. De acuerdo con esto, lo primero que tiene que hacer la familia es incurrir en los costos de conexión y ejecución de la instalación interior de la casa, para estar en situación de consumir energía eléctrica. Luego, el valor actual del agrado que espera obtenerse en el tiempo como consecuencia del uso por la familia de los aparatos eléctricos que adquiera debe ser al menos equivalente al valor actual de los costos de conexión e instalación interior y al pago correspondiente de la electricidad. De ser así, es posible que los consumidores utilicen el costo de adquisición de estos utensilios domésticos en el centro de demanda como representativo del valor actual mínimo del agrado que las familias de tal centro esperan lograr mediante su utilización, a través del tiempo.

El uso de la energía eléctrica en las empresas comerciales puede ser una innovación que disminuye los costos, aumenta el producto, o ambas cosas a la vez. Sin embargo, cualquiera que sea la consecuencia, el punto de referencia para medir los beneficios correspondientes es su efecto en las utilidades. El aumento de las utilidades debido estrictamente al uso de la energía eléctrica, que proporciona el proyecto de electrificación rural, deberían incluirse en la descripción de los beneficios que se obtienen de tal proyecto. Al calcular este aumento de las utilidades, el analista debe tener debidamente en cuenta las restricciones que de hecho afectan a las diversas empresas que deberá investigar. Una cosa es que observe que la llegada de la electricidad a una aldea que antes no disponía de ella podría generar aumentos de las utilidades comerciales con el tiempo, atribuibles al uso de la electricidad; y otra cosa es que concluya que el hecho de disponer de electricidad efectivamente va a tener tal efecto. En otros términos, la posibilidad de obtener utilidades no entraña en modo alguno que éstas indudablemente se

materializarán y a menudo la diferencia entre la variación potencial y la variación real de las utilidades comerciales como consecuencia de la llegada de la energía eléctrica radica en la naturaleza de los mercados internos de capital y en la capacidad empresarial local.

Además, cuando el proceso competitivo opera de manera de trasladar al consumidor una parte o la totalidad del aumento inicial de las utilidades en la forma de bajas de los precios, el valor del mayor excedente que obtiene el consumidor por estas bajas de los precios deberían considerarse como beneficio del proyecto, aparte del aumento de las utilidades comerciales retenidas que genere el proyecto.

Una economía externa es el efecto que se produce en agrado individual o utilidad comercial como consecuencia incidental de una acción realizada por otra persona, dependencia gubernamental o empresa comercial. Por tanto, las economías externas pueden ser positivas o negativas según sea el efecto en el agrado individual o en las utilidades comerciales, o ambas. A manera de ejemplo de economía externa positiva que puede producir un proyecto de electrificación rural podría mencionarse la disminución de la tasa de criminalidad ocasionada por el alumbrado público en una aldea que antes no contaba con este servicio. Como ejemplo de economía externa negativa podría mencionarse el aumento de la contaminación del aire producido por el incremento de la producción de energía térmica (en el área de la planta generadora) para el centro de demanda rural considerado; y, en el caso de ciertas personas, el desagrado que les provoca la vista de las líneas de transmisión y equipos eléctricos.

Pese a que desde el punto de vista conceptual las economías externas de este tipo pueden ser relevantes, ello no significa por adelantado que serán económicamente importantes. Es probable que en muchos casos las economías externas relacionadas con los proyectos de electrificación rural puedan tratarse de manera superficial e incluso ignorarse, sin distorsionar mucho el patrón de elección de inversiones. Ante todo, las categorías de efectos externos son más bien limitadas. Los ejemplos antes señalados prácticamente



agotan la materia. Además, es posible que en muchos casos las economías externas positivas se anulen en cierta medida por las economías externas negativas y lo que realmente cuenta en el análisis de beneficio-costos es el valor neto de las economías externas en el tiempo. Finalmente, pese a que en muchos casos el aumento de la contaminación atmosférica, el desagrado visual y otras economías externas negativas pueden ser conceptualmente significativos, lo más probable es que desde el punto de vista económico sean intrascendentes partiendo de la base de que las personas y empresas negativamente afectadas probablemente darían poco o nada por reducir sus molestias por estos conceptos. Del mismo modo, en muchos casos las familias rurales no estarían dispuestas a pagar sumas importantes por adquirir los pocos tipos de economías externas positivas que generaría un programa de electrificación rural característico. En la medida en que sea así, tales economías externas positivas también resultan económicamente insignificantes.

Sin embargo, es posible que en un proyecto específico no resulte necesariamente válida la expectativa general de que las economías externas de los proyectos de electrificación rural revistan escasa importancia. El analista que confronta el proyecto específico deberá evaluar él mismo la magnitud probable de las economías externas a que da lugar y luego determinar cómo abordar esta clase de trabajo de beneficio-costos.

d) Costo de los proyectos

Es mucho más fácil identificar y medir los costos de los proyectos que sus beneficios. Fundamentalmente deben realizarse tres tareas: primero, reconocer cuál es la solución de menor costo para el proyecto de electrificación analizado; segundo, reconocer cuáles son los insumos económicamente importantes del proyecto (incluyen, por ejemplo, costos de equipos e instalación; costos de mantenimiento; costos de ampliación del sistema; todos los costos administrativos marginales; y el mayor costo del combustible en que se incurre para abastecer de electricidad el centro de demanda considerado); y tercero, la asignación de un costo económico a estos insumos.

Las dos primeras tareas entrañan realizar operaciones relativamente fáciles. A la larga exigen conocimientos de ingeniería y administración. Sin embargo, en la tercera tarea hay que tener presentes una serie de consideraciones económicas para que sea válida la consiguiente formulación del costo del proyecto:

- a) Para asignar un costo a todos los insumos importados consumidos por el proyecto o relacionados con él (por ejemplo, combustibles, equipo y utensilios importados) hay que utilizar un tipo de cambio que refleje la verdadera escasez de tales rubros en el momento de su importación.<sup>27/</sup> Los tipos de cambio reales y previstos fijados por los gobiernos por la vía administrativa no siempre reflejan la verdadera escasez de divisas existente en el momento de su entrega prevista.
- b) Si se adquiere mano de obra a un costo financiero que no refleja su verdadera escasez económica (es decir, su costo de oportunidad), hay que estimar el costo de tal factor, para el análisis de beneficio-costos, usando una tasa de salarios que efectivamente refleje su verdadera escasez. Una parte apreciable de los costos de instalación consiste en pagos por concepto de mano de obra para la construcción, a veces con salarios superiores a su costo de oportunidad y como tales gastos son a corto plazo es posible que este ajuste tenga efectos importantes en el estudio de la viabilidad económica en muchos proyectos de electrificación rural.
- c) El pago de intereses en dinero no debería incluirse en la formulación de los costos del proyecto para el análisis de beneficio-costos porque hacerlo sería considerar dos veces los intereses (en la

---

<sup>27/</sup> Al asignarle costo a los artículos importados, los derechos de internación pese a ser importantes desde el punto de vista financiero carecen de importancia económica. Por tanto, deben pasarse por alto al calcular el costo de los proyectos. Estos impuestos son pagos por transferencias y no dan una medida de la escasez económica de los bienes de que se trata.

mayoría de los casos en forma distorsionada) dado que todos los beneficios y costos del proyecto se descuentan al costo de oportunidad social del capital. Una importante excepción a esta regla ocurre cuando se concede crédito a los adquirientes de utensilios a una tasa de interés superior al costo de oportunidad social del capital. En este caso, los pagos por concepto de intereses que exceden a aquellos que se habrían pagado al costo de oportunidad social del capital deberían incluirse en el análisis de costos-beneficios. Pero en este caso, la suma pagada en exceso por concepto de intereses es un beneficio del proyecto aunque aproveche al vendedor de los utensilios.

- d) Si se hacen pagos en dinero por servidumbre de paso, sólo hay que incluirlos en la formulación del costo del proyecto si el uso de los terrenos para el proyecto de electrificación rural ocasiona pérdidas por concepto de producción económica como consecuencia de la destinación de terrenos a otros fines. Con todo, parecería que, en general, los proyectos de electrificación rural rara vez ocasionan pérdidas de producción por servidumbre de paso.

#### 10. Conclusiones

El planificador que tiene ante sí el problema de la electrificación rural confronta simultáneamente dos clases de problemas:

Primero, el que va envuelto en la elección de los centros con posibilidades de electrificarse para analizarlos entre un conjunto amplio y cambiantes de centros de demanda; y

Segundo, el que surge al estimar el valor de las distintas clases de beneficios y costos correspondientes a cada proyecto de electrificación rural.

En este trabajo se ha sostenido que el elevado costo del capital en un programa global de inversiones en electrificación rural entraña un costo muy alto por errores en su diseño y ejecución. Pase a que los errores de

esta naturaleza son ineludibles debido a las complejidades propias de la electrificación rural, puede disminuirse el grado de ellos a través del conocimiento básico del marco económico global dentro del cual el planificador confronta el problema de la electrificación rural. Tal conocimiento debe basarse en la comprensión fundamental de que un programa de electrificación rural es sólo uno de los elementos de un conjunto de proyectos que se disputan recursos escasos. Y el planificador sólo podrá confrontar racionalmente el complejo problema de la electrificación rural si cuenta con: un conjunto de objetivos del programa expuestos en forma clara y que sean económicamente útiles, una estrategia global de electrificación, una herramienta racionalmente utilizable para realizar el análisis de proyectos y, un conjunto claro de criterios de decisión para aceptar o rechazar cada proyecto específico. Se espera que este breve trabajo sea de alguna utilidad para que los planificadores de proyectos de electrificación rural puedan satisfacer los requisitos de actuar en forma económicamente racional.



GRAFICO III

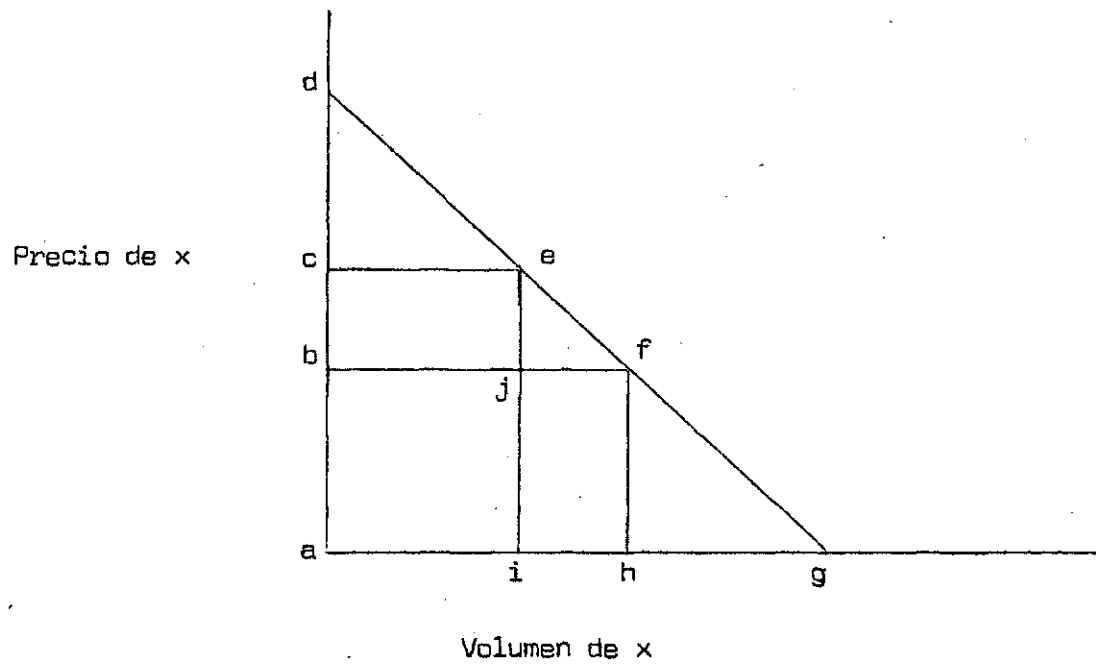
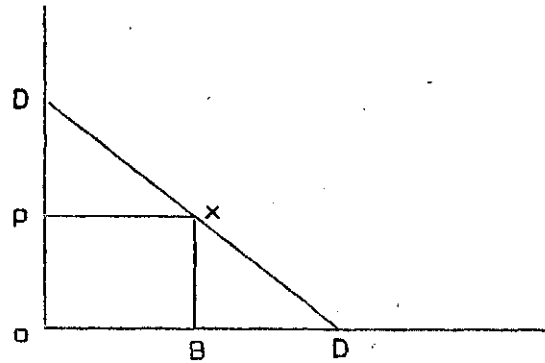


GRAFICO IV

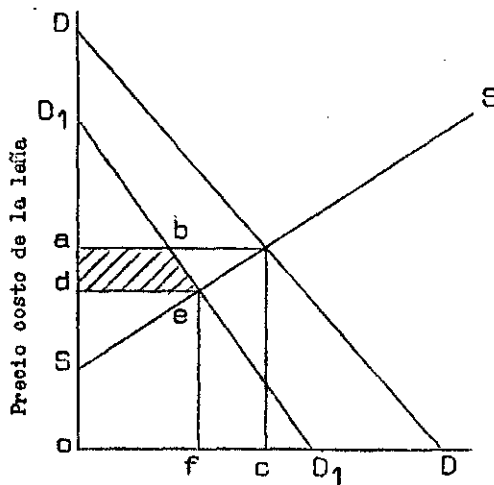
Precio de la electricidad obtenida del programa de electrificación rural.



Volumen de electricidad obtenida del proyecto de electrificación rural

Caso A

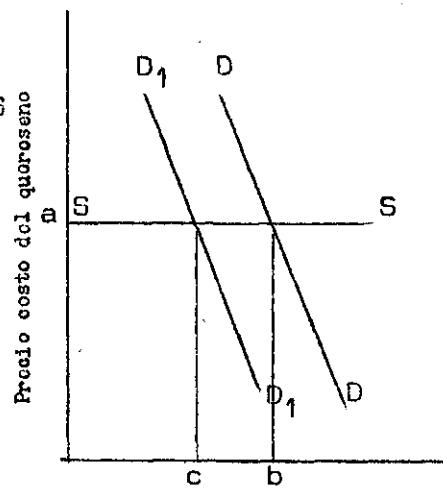
calefacción de leña adquirida en el mercado



Volumen del espacio calefaccionado

Caso B

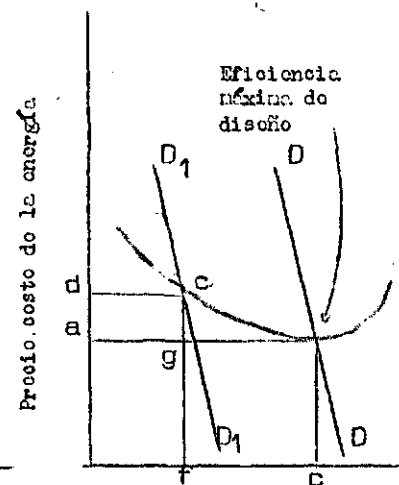
queroseno de alumbrado



Volumen iluminado

Caso C

energía generada por un motor diesel aislado



Volumen de electricidad

GRAFICO V

